

Sufiyanto (2011), PROTON, Vol. 3 No. 1/Hal 35 – 40

PENYULINGAN MINYAK NILAM DENGAN KETEL SISTEM GANDA YANG MEMANFAATKAN SISA PANAS GAS BUANG PEMBAKARAN

Sufiyanto¹⁾

ABSTRAK

Penyulingan minyak nilam dilakukan dengan energi panas yang diperoleh dari hasil pembakaran kayu bakar didalam dapur atau minyak tanah dengan menggunakan *burner*. Diperlukan suatu rekayasa untuk dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang ada, sehingga dapat menekan biaya produksi bagi industri kecil penyulingan minyak nilam.

Salah satu upaya peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar adalah dengan memanfaatkan sisa panas pembakaran yang keluar dari dapur menuju pipa cerobong asap. Temperatur udara panas yang keluar dari cerobong masih cukup tinggi, sehingga perlu dimanfaatkan. Sistem penyulingan yang digunakan adalah sistem ganda yang terdiri dari ketel induk dan ketel kecil

Berdasarkan tekanan tertinggi yang dihasilkan oleh ketel yaitu 14 kg/cm^2 kondisi uap yang dihasilkan adalah uap jenuh karena tekanan tersebut lebih besar dari tekanan uap untuk air mendidih yaitu 11 kg/cm^2 . Kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan uap dari ketel adalah rata-rata 6 s/d 7 kg dengan kapasitas ketel induk 5 kg dan ketel kecil 2 kg.

Kata Kunci : Sisa Panas Gas Buang, Sistem Penyulingan Ganda, Efisiensi

PENDAHULUAN

Pengembangan sektor pertanian salah satunya pada komoditas non migas seperti nilam, mengingat nilam merupakan bahan baku wewangian dan pengawet tekstil masyarakat Indonesia dan masyarakat internasional. Nilam dikembangkan oleh para petani dalam bentuk perkebunan sebagai salah satu sumber pendapatan. Salah satu bentuk komoditi dari minyak atsiri adalah minyak nilam (*patchouli oil*) yang memiliki peranan penting sebagai komoditas ekspor non migas Indonesia. Adapun luas lahan perkebunan nilam di seluruh Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Luas Lahan Nilam Seluruh Indonesia

Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Persentase (%)
Jawa Barat	1.456	21.6
Jawa Timur	1.123	16.6
Jawa Tengah	912	13.5
Nanggroe Aceh Darussalam	1.278	18.9
Kalimantan Tengah	1.102	16.3
Kalimantan Barat	875	13
Jumlah	6.746	100

Sumber : BPS, 2003.

Minyak nilam merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang memiliki permintaan cukup cerah. Penggunaan terbesar minyak nilam sebagai bahan kosmetik pengikat wangi parfum. Pasar dunia saat ini membutuhkan sebesar 1.200 - 1.400 ton minyak nilam rata-rata setahun dengan kecenderungan yang terus meningkat. Kebutuhan tersebut 80-90 % dipasok Indonesia. Importir minyak nilam terbesar saat ini adalah Amerika Serikat dengan tidak kurang dari 210 ton minyak nilam dibutuhkan rata-rata

pertahun. Negara pengimpor lainnya antara lain Inggris, Prancis, Swis, Jerman dan Belanda.

Penyulingan minyak nilam dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara direbus, penyulingan dikukus, dan penyulingan dengan uap. Penyulingan direbus, daun nilam kering dimasukkan dalam ketel berisi air dan dipanasi. Dari ketel akan keluar uap, kemudian dialirkan lewat pipa yang terhubung dengan kondensor (*pendingin*). Uap berubah menjadi air yang sesungguhnya merupakan campuran air dan minyak itu akan menetes di ujung pipa dan ditampung dalam wadah. Selanjutnya, dilakukan proses pemisahan sehingga diperoleh minyak nilam murni.

Ketiga proses penyulingan diatas menggunakan energi panas yang diperoleh dari hasil pembakaran kayu bakar didalam dapur atau minyak tanah dengan menggunakan *burner*. Dengan semakin mahalnya harga bahan bakar yang digunakan, maka diperlukan suatu rekayasa untuk dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang ada, sehingga dapat menekan biaya produksi bagi industri kecil penyulingan minyak nilam.

Salah satu upaya peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar adalah dengan memanfaatkan sisa panas pembakaran yang keluar dari dapur menuju pipa cerobong asap. Energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran kayu di dalam dapur ataupun *burner* minyak tanah tidak semuanya digunakan untuk memanaskan tungku atau ketel penyulingan. Sebagian panas tersebut mengalir melalui pipa cerobong sebagai panas yang terbuang dan tidak dimanfaatkan. Temperatur udara panas yang keluar dari cerobong masih cukup tinggi, sehingga perlu dimanfaatkan.

Konsep yang akan dilakukan untuk memanfaatkan sisa panas pembakaran ini adalah menggunakannya untuk memanaskan sebagian uap yang dihasilkan ketel penyulingan menjadi uap panas

lanjut (*super heater*). Caranya dengan menampung sebagian uap yang dihasilkan ketel pada sebuah tabung yang diletakkan pada saluran keluar dari dapur menuju cerobong. Sisa panas yang mengalir keluar dapur akan memanaskan uap dalam tabung sehingga menjadi uap panas lanjut. Dengan uap panas lanjut ini digunakan untuk memanaskan ketel penyulingan yang lain.

Dalam model penyulingan seperti ini membutuhkan bentuk ketel yang berbeda dari yang biasa digunakan oleh industri kecil penyulingan minyak nilam selama ini. Sistem penyulingan ini disebut dengan sistem penyulingan ganda karena dibutuhkan dua buah ketel penyulingan, yaitu ketel induk dan ketel kecil. Ketel induk adalah ketel yang memiliki dimensi lebih besar karena dapat menghasilkan uap untuk menyuling nilam didalam ketel itu sendiri dan juga mensuplai uap yang nanti akan dipanaskan lagi menjadi uap panas lanjut untuk ketel penyulingan yang kecil.

Dengan sistem penyulingan ganda ini diharapkan dapat meningkatkan produktifitas penyulingan minyak nilam dan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang digunakan selama proses penyulingan berlangsung. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dalam skala laboratorium dimana akan dibuat prototipe ketel untuk pengujian yang terdiri dari ketel induk dan ketel kecil. Kapasitas ketel yang akan diuji 5 kg nilam untuk ketel induk dan 2 kg nilam untuk ketel kecil.

Metode Penyulingan

Minyak nilam dapat diproduksi melalui tiga model metode penyulingan, yaitu penyulingan dengan air, penyulingan dengan uap, dan penyulingan dengan air dan uap (Hendartomo, 2000).

1. Penyulingan dengan air

Pada metode ini, bahan tanaman yang akan disuling mengalami kontak langsung dengan air mendidih. Bahan dapat mengapung di atas air atau terendam secara sempurna, tergantung pada berat jenis dan jumlah bahan yang akan disuling. Ciri khas model ini yaitu adanya kontak langsung antara bahan dan air mendidih. Oleh karena itu, sering disebut penyulingan langsung. Minyak asiri dari beberapa jenis bahan seperti bubuk buah badam dan bunga mawar cocok diproduksi dengan cara ini sebab seluruh bagian bahan harus tercelup dan dapat bergerak bebas dalam air mendidih. Jika disuling dengan cara lain, misalnya melalui penyulingan dengan uap, bahan akan merekat dan membentuk gumpalan besar yang kompak sehingga uap tidak bisa berpenetrasi ke dalam bahan.

2. Penyulingan dengan uap

Model ini disebut penyulingan uap atau penyulingan tak langsung. Pada prinsipnya, model ini sama dengan penyulingan langsung. Hanya saja air penghasil uap tidak diisikan bersama-sama dalam ketel penyulingan. Uap yang digunakan berupa uap

jenuh atau uap yang kelewat panas dengan tekanan lebih dari 1 atmosfer.

Di dalam proses penyulingan dengan uap ini, uap dialirkan melalui pipa uap yang berlingkar yang berpori dan berada dibawah bahan tanaman yang akan disuling, kemudian uap akan bergerak menuju ke bagian atas melalui bahan yang disimpan di atas saringan.

3. Penyulingan dengan air dan uap

Pada penyulingan ini, bahan tanaman yang akan disuling diletakkan di atas rak-rak atau saringan berlubang. Kemudian ketel penyulingan di isi dengan air sampai permukaannya tidak jauh bagian bawah saringan. Ciri khas model ini yaitu uap selalu dalam keadaan basah, jenuh, dan tidak terlalu panas. Bahan tanaman yang akan disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas.

Laju Penguapan

Keluarnya minyak dari bahan baku adalah suatu proses penguapan. Laju penguapan pada mulanya besar dan semakin lama semakin mengecil karena minyak makin sulit menerobos permukaan bahan dan persediaan minyak dalam bahan semakin lama makin sedikit. Laju aliran keluarnya minyak ini diasumsikan mengikuti model persamaan differensial ordo pertama (Heldman dan Singh, 1981):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -kC \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan (1) di atas dan dengan memasukkan kondisi

batas untuk $t = 0$, $C = C_0$, maka :

$$C = C_0 \exp(-kt) \quad \dots\dots\dots(2)$$

C_0 adalah kandungan minyak awal (kg) di dalam bahan baku dan t adalah lamanya penyulingan (jam). Besarnya C_0 adalah besarnya kandungan minyak dalam bahan (%) dikalikan dengan massa bahan (kg), sedangkan laju penyulingan (k) sangat tergantung pada besarnya tekanan kerja atau P (Pascal).

Persamaan empiris laju penyulingan minyak nilam (Dahlan, 1989), sebagai fungsi dari tekanan kerja yang dirumuskan sebagai berikut :

$$k = -0.326 + 0.00446P \quad \dots\dots\dots(3)$$

Kebutuhan Energi

Energi yang dibutuhkan oleh distilator untuk mengubah air menjadi uap merupakan jumlah dari energi untuk memanaskan air dan energi untuk penguapan dengan rumus:

Energi untuk pemanasan :

$$Q_p = m_w C_p (T_s - T_w) \quad \dots\dots\dots(4)$$

Energi untuk penguapan :

$$Q_u = m_w L \quad \dots\dots\dots(5)$$

Total energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air, adalah :

$$Q_{total} = Q_p + Q_u \quad \dots\dots\dots (6)$$

Sedangkan massa uap yang terbentuk adalah :

$$m_s = \text{Eff. } Q_{total} / (h_2 - h_1) \quad \dots\dots\dots (7)$$

dimana $(h_2 - h_1)$ adalah perubahan entalpi (kJ/kg).

Dimana :

Q_p = Energi untuk pemanasan, kJ (kilo Joule)

Q_u = Energi untuk penguapan, kJ (kilo Joule)

Eff. = Effisiensi

m_s = massa uap, kg

h = entalpi, kJ/kg

Kebutuhan Bahan Bakar

Tungku berfungsi sebagai sumber panas pada proses penyulingan. Besarnya bahan bakar yang dibutuhkan pada setiap proses penyulingan adalah :

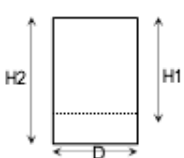
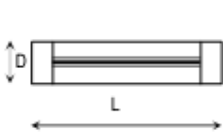
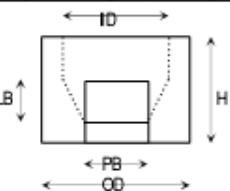
$$M_{bb} = Q_{total} / L_{bb} \quad \dots\dots\dots (10)$$

dimana M_{bb} adalah massa bahan bakar (kg) dan L_{bb} adalah panas laten dari bahan bakar (kJ/kg).

Dimensi Alat Penyuling

Kebutuhan dimensi optimal untuk peralatan penyulingan minyak atsiri khususnya minyak nilam untuk setiap kapasitas penyulingan seperti tertera pada Tabel 2. Pada tabel tersebut masing-masing komponen penyulingan seperti ketel, kondensor dan tungku disajikan secara lengkap untuk kebutuhan perekrayaan penyuling minyak atsiri.

Tabel 2. Ukuran (Meter) Alat Penyuling Optimal Berdasar Kapasitas Penyulingan

Kapasitas (kg)	Vol. (m ³)											
		Ketel,			Kondensor,			Tungku,				
		D (m)	H1 (m)	H2 (m)	D (m)	L (m)	JPU unit	OD (m)	ID (m)	H (m)	PB (m)	LB (m)
50	0.5	0.80	1.00	1.29	0.20	1.07	24	1.05	0.80	0.90	0.40	0.28
100	1.0	1.04	1.18	1.53	0.20	2.11	24	1.29	1.04	1.14	0.52	0.36
150	1.5	1.21	1.31	1.70	0.20	3.11	24	1.46	1.21	1.31	0.60	0.42
200	2.0	1.34	1.41	1.82	0.20	4.07	24	1.59	1.34	1.44	0.67	0.47
250	2.5	1.46	1.50	1.95	0.20	5.00	24	1.71	1.45	1.55	0.72	0.51
300	3.0	1.56	1.57	2.05	0.20	5.90	24	1.80	1.55	1.65	0.78	0.55
350	3.5	1.65	1.64	2.13	0.20	6.76	24	1.90	1.65	1.75	0.82	0.58
400	4.0	1.73	1.70	2.21	0.20	7.60	24	1.98	1.73	1.83	0.86	0.61
450	4.5	1.80	1.76	2.29	0.20	8.41	24	2.05	1.80	1.90	0.90	0.63
500	5.0	1.87	1.81	2.36	0.20	9.19	24	2.12	1.87	1.97	0.94	0.66

Keterangan : JPU = Jumlah Pipa Uap (SS ½")

Penelitian Sebelumnya

Penyulingan dengan air serta penyulingan dengan uap dan air lebih sesuai bagi industri kecil karena lebih murah dan konstruksi alatnya sederhana. Namun penyulingan dengan uap dan air memiliki kelemahan, yaitu membutuhkan uap air yang cukup besar. Hal ini karena sejumlah besar uap akan mengembun dalam jaringan tanaman sehingga bahan bertambah basah dan mengalami aglutinasi. Untuk mengatasi kelemahan ini, telah dikembangkan model penyulingan uap dan air yang dikombinasikan dengan sistem kohobasi (Laksmanahardja, <http://www.bengkulu.litbang.deptan.go.id>). Pada sistem ini pemanasan air dalam ketel penyulingan dilakukan secara langsung terhadap dasar ketel. Dengan sistem ini, bahan bakar dapat dihemat sampai 25 %, karena air yang digunakan hanya 40 % dari yang normal.

Untuk penyulingan minyak atsiri dengan kapasitas 1.000 liter, sistem pemanasan air dalam

ketel harus ditambah dengan pemanasan air *semi-boiler*. Pemanasan air *semi-boiler* dapat dilakukan dengan cara memasang pipa-pipa kecil yang mengalirkan panas dari asap sisa bakar (*flue gas*) pada air dalam ketel.

Sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang penyulingan minyak atsiri terutama dikaitkan dengan perlakuan bahan sebelum dan selama proses penyulingan seperti perlakuan tekanan kerja dalam distilator. Hal ini dilakukan untuk memperoleh rendemen yang tinggi. Dahlan (1989), telah melakukan penyulingan minyak nilam dengan menggunakan sistem uap langsung selama 4 jam menghasilkan rendemen tertinggi 3.21 % pada tekanan kerja 150 kPa. Sementara itu Somantri (1999), telah melakukan simulasi untuk menentukan panjang kondensor alat penyuling minyak atsiri.

Hasil simulasi penyulingan minyak nilam berdasarkan analisis sistem perencanaan dan pengembangan usaha penyulingan minyak nilam (Agus Supriatna Somantri dan Djajeng Sumangat, <http://www.scribd.com>) menunjukkan bahwa untuk

mencapai rendemen 2.5 % dibutuhkan waktu penyulingan selama 8 jam. Hasil secara lengkap

seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penyulingan Minyak Nilam Pada Berbagai Kapasitas

Kapasi- tas (kg)	Waktu (jam)	Rendemen. (%)	Distilat		Debit air pendingin (l/menit)	M. Tanah (liter)
			Debit, (l/mnt)	Suhu (°C)		
50	8	2.54	0.467	30.99	19.72	12.13
100	8	2.54	0.934	30.98	39.44	24.26
150	8	2.54	1.402	30.99	59.16	36.40
200	8	2.54	1.869	31.00	78.87	48.53
250	8	2.54	2.336	31.00	98.59	60.66
300	8	2.54	2.803	31.00	118.31	72.79
350	8	2.54	3.271	31.00	138.03	84.93
400	8	2.54	3.738	31.00	157.75	97.06
450	8	2.54	4.200	31.00	177.47	109.19
500	8	2.54	4.672	31.00	197.19	121.32

METODE PENELITIAN

Model Pengujian

Penyulingan sistem biasa (ketel tunggal) :

Pada model penyulingan sistem biasa ini, prototipe di setting hanya ketel induk yang beroperasi sedangkan ketel kecil tidak dioperasikan (posisi katup uap ke ketel kecil ditutup). Dengan kapasitas penyulingan yang telah direncanakan, ketel dioperasikan selama 8 jam sampai diperoleh hasil penyulingan minyak nilam. Data yang diambil selama pengujian ini adalah :

- Jumlah kebutuhan bahan bakar yang digunakan (liter/jam)
- Jumlah minyak nilam hasil penyulingan (liter)
- Tekanan uap didalam ketel (Pa)
- Temperatur ketel (°C)

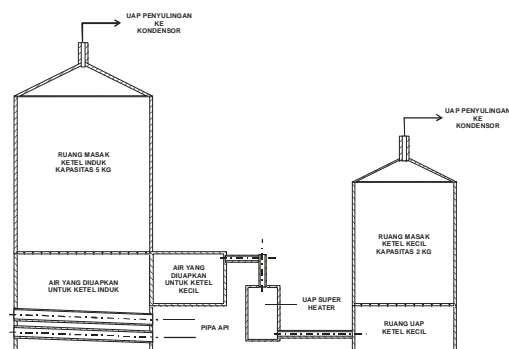
Penyulingan sistem ganda :

Pada model penyulingan sistem ganda, prototipe di setting kedua ketel beroperasi bersama-sama dengan kapasitas yang telah direncanakan dan dioperasikan selama 8 jam. Data yang diambil selama pengujian :

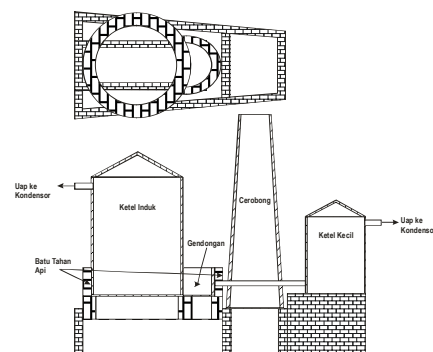
- Jumlah kebutuhan bahan bakar yang digunakan (liter/jam)
- Jumlah minyak nilam hasil penyulingan (liter)
- Tekanan uap didalam ketel (Pa)
- Temperatur ketel (°C)

Desain Prototipe

Rancangan model prototipe yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 1. Desain Prototipe Ketel Sistem Ganda



Gambar 2. Desain Dapur Penyulingan

HASIL DAN PEMBAHASAN

■ Data Awal Pengujian.

Pada tahap awal pengujian yang dilakukan adalah melakukan uji coba pada ketel untuk mengetahui unjuk kerjanya dan karakteristik uap yang dihasilkan oleh ketel induk maupun ketel kecil. Sebagai data awal, pengujian dilakukan dengan memanaskan air sampai menghasilkan uap, kemudian diukur tekanan dan temperatur uap yang dihasilkan oleh kedua ketel. Data yang diperoleh dari pengujian awal disajikan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Karakteristik Uap Ketel Induk dan Ketel Kecil

No	Ketel Induk		Ketel Kecil	
	Tekanan P_1 (kg/cm ²)	Temperatur T_1 (°C)	Tekanan P_2 (kg/cm ²)	Temperatur T_2 (°C)
1	14,0	107	14,0	108
2	12,5	104	12,5	106

3	11,5	103	11,5	102
4	11,0	101	11,0	101
5	10,0	101	10,0	100
6	9,0	99	9,0	99
7	8,0	99	8,0	98

Selanjutnya menghitung kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air didalam ketel, dapat dilihat pada tabel5dibawah.

Tabel 5. Kebutuhan Bahan Bakar

mw (kg)	Cp (kJ/kg)	T (°C)	hf (kJ/kg)	hg (kJ/kg)	Qu (kJ)	Qp (kJ)	Qtot (kJ)	Mbb (kg)
50	4.184	107	448.61	2686.88	111913.5	18200.4	130113.9	6.91
50	4.184	104	435.928	2682.26	112316.6	17572.8	129889.4	6.89
50	4.184	103	431.706	2680.72	112450.7	17363.6	129814.3	6.89
50	4.184	101	423.26	2677.64	112719	16945.2	129664.2	6.88
50	4.184	101	423.26	2677.64	112719	16945.2	129664.2	6.88
50	4.184	99	414.82	2674.5	112984	16526.8	129510.8	6.87
51	4.184	99	414.82	2674.5	112984	16526.8	129510.8	6.87

■ Pembahasan

Dalam penelitian ini pelaksanaan pengambilan data untuk penyulingan nilam belum dilakukan. Tahapan yang sudah dilakukan adalah pengujian awal untuk mendapatkan data karakteristik uap yang dihasilkan oleh prototype ketel hasil desain. Dari data hasil pengujian awal seperti pada tabel 4 diatas, terlihat bahwa tekanan uap yang dihasilkan semakin meningkat dengan kenaikan temperaturnya. Berdasarkan tekanan tertinggi yang dihasilkan oleh ketel yaitu 14 kg/cm² kondisi uap yang dihasilkan adalah uap jenuh karena tekanan tersebut lebih besar dari tekanan uap untuk air mendidih yaitu 11 kg/cm².

Tekanan dan temperatur uap pada ketel kecil memiliki karakteristik yang sama dengan uap yang dihasilkan oleh ketel induk. Seharusnya karakteristik uap ketel kecil lebih besar dibandingkan dengan ketel induk karena ada tambahan panas dari sisa pembakaran sebelum keluar cerobong. Hal ini disebabkan oleh adanya kerugian panas yang terbuang pada saluran pipa antara gendongan dan ketel kecil, selain itu juga kerugian panas pada dinding ketel kecil karena tidak menyatu dengan dapur. Dengan kondisi ini panas yang dibawa oleh uap akan lebih banyak diserap oleh dinding ketel kecil. Penyebab lain adalah masih adanya kebocoran pada bagian-bagian seperti tutup ketel, lubang termokopel, dan lubang baut sehingga dapat menurunkan tekanan dan temperature uap pada ketel kecil.

Berdasarkan tabel 5 tentang kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan uap dari ketel adalah rata-rata 6 s/d 7 kg. Kebutuhan tersebut dengan asumsi air dalam ketel habis menjadi uap seluruhnya dan belum memperhitungkan

kerugian panas yang terbuang melalui dinding ketel dan dapur secara konduksi maupun konveksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian awal tersebut, maka perlu dilakukan perbaikan untuk mencegah timbulnya kebocoran pada beberapa bagian tersebut dan melakukan redesign pada bagian dapur. Dapur perlu diperbaiki supaya ketel kecil juga mendapatkan panas sisa pembakaran. Selain itu perlu penambahan isolator pada pipa saluran uap yang menghubungkan antara gendongan dan ketel kecil untuk mengurangi kerugian panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Hendartomo, 2000. **Pengambilan Minyak Atsiri Dari Daun Dan Ranting Nilam (*Posgostemon Cablin Benth*) Dengan Cara Penyulingan Uap**
- M.P. Laksmanahardja, S. Rusli, D. Sumangat dan T. Hidayat, **Model Penyulingan Minyak Atsiri Skala Kelompok Tani**, Balai Besar Pengembangan Alat dan Mesin Pertanian, <http://www.bengkulu.litbang.deptan.go.id>
- Dahlan, D. 1989. **Model Matematik Pengaruh Tekanan Uap Terhadap Rendemen Penyulingan Minyak Nilam**. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. hal.133
- Somantri, A.S. 1999. **Simulasi Model Pindah Panas Pada Sistem Kondensasi Alat Penyuling**. Makalah disampaikan pada

- seminar Bulanan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor. hal.19.
- Agus Supriatna Somantri dan Djajeng Sumangat, **Analisis Sistem Perencanaan Dan Pengembangan Usaha Penyulingan Minyak Nilam**, <http://www.scribd.com>
- Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. *Food Process Engineering*. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. 415 p.
- Welty, J.R. 1974. *Engineering Heat Transfer*. John Wiley and Sons Inc., Canada. 367 p.
- Stoecker, W.F. 1971. *Design of Thermal System*. McGraw-Hill. Book Company, New York. 460 p.
- _____, **Nilam, Tanaman Semak yang Jadi Minyak Mahal**, <http://www.kompas.com>, 14 April 2005
- M. Al-Jabri, 2007, **Prospek Agribisnis Nilam Mendukung Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia**, Tabloid Sinar Tani, 14 Nopember 2007
- Amik Krismawati, 2005, **Nilam dan Potensi Pengembangannya, Kalteng Jadikan Komoditas Rintisan**, Tabloid Sinar Tani, 26 Januari 2005
- _____, **Kelayakan Usaha Tani Dan Pengolahan Minyak Nilam (Pogestemon Sp.) Di Kecamatan Kebonsari Kabupaten Madiun Propinsi Jawa Timur**, <http://www.skripsi-tesis.com>, Jun 16th, 2007